جوانب الإبداع الهندسيّ

لمشـــــروع عـــين زبـيـــــدة

إعداد

أ. د. عمر سراج أبو رزيزة

أستاذ إدارة وتخطيط موارد المياه

قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة

جامعة الملك عبدالعزيز

بحث مقدم إلى ندوة

مكة المكرمة عاصمة الثقافة الإسلامية ١٤٢٦هـ

ملخص البحث

إن من يقترب من مشروع عين زبيدة دارسا أو مشاهدا متأملا إذا هو أجاد الرصد الدقيق والتحليل يتجلى له فكر هندسي غاية في البراعة والدقة تخطيطاً ، وتصميماً ، وتنفيذاً . بل ومايلي ذلك مما يتعلق بأمور الصيانة والتشغيل .وإذا كنا نقوم كل مشروع بحسب ما يحققه من عائد ونفع فإننا سنجد هذا المشروع في مقدمة كل المشروعات التي تنفذ في بيئة كبيئة مكة المكرمة بكل ظروفها الثابتة والمتجددة .إن فكرة هذا المشروع تتلخص في تجميع المياه من مسايل أودية وادي نعمان وتوجيهها إلى حيث تشتد الحاجة إليها في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة ممتدا في مسار مدروس صنع على عين مهندس مبدع بارع خبير . ومنشآت العين على تنوعها وتوزعها في أماكنها ومناسبة كل منها للمكان والغرض ، وحدبها وحرصها على ماتحوى وتنقل من مياه لتظل مصونة نقية عذبة إلى حيث تستعمل أو تخزن مع توفر البعد الجمالي الذي لا تخطئه عين الناظر ، وعدم غيبة البعد الاقتصادي عن فكر المخطط والمنفذ ، فلا ثغرة تؤدي إلى تلوث ، ولا فرصة لفقد من بخر أو تسريب ، ولا كلفة في تجميع أو نقل أو توزيع كل ذلك يجعل من هذا المشروع مشروعاً جديراً بالصيانة والحفظ وإتاحة الفرصة له لكي يؤدي الدور المنوط به في هذه البقعة المباركة على الوجه الذي خطط له منشئوه .ولعل هذه الدراسة الموجزة تكون قادرة على إعطاء القارىء تصورا يسيرا عن واقع عظيم مازال ينطق بالعظمة ويشهد بالإجادة والتفوق للمهندسين المسلمين رغم قدم العهد الذي شهد ميلاد هذا المشروع ، فسبقوا به زمنهم وبرهنوا به على ريادتهم وتفوقهم ، ولا يغيب عن الدارس ماراعوه من تطبيقات مازال المهندسون إلى عصرنا هذا ياخذون بها ويطبقونها في عصر العلم والتقنيات الحديثة .

***

إن أبرز سمات العصر الذي نعيش فيه أنه عصر التقدم العلمي المذهل، فبالعلم تخطو البشرية الآن نحو التقدم في العام الواحد ماكانت تخطوه في السنين ذوات العدد . ولكي يتحقق النجاح المرجو لأي مشروع فلابد من أن تشمله دراسات وبحوث مستفيضة متنوعة ومتطورة . ومشروع عين زبيدة من هذا النوع من المشروعات المهمة العظيمة النفع ومن ثم فهو بحاجة إلى دراسات وبحوث متنوعة جيوفيزيائيّة، وهيدروجيولوجيّة ، وحال المياه السطحيّة والجوفيّة ، والتغذية الطبيعيّة من مياه السيول ، وتقدير كميات المياه التي يمكن استخراجها والإفادة منها على مرِّ الأزمان ، وتقويم نوعيّة المياه الجوفيّة وتحديد ما إذا كانت هناك حاجة لتنقيتها حتى تصبح آمنة صحيّاً ، ومستساغة ، وموافقة لمواصفات مياه الشرب.

وغالباً ما يتطلب الحصول على نتائج رقمية لهذه الدراسات استعمال النمذجة العدديّة المتطوِّرة . في مرحلة الدراسات والبحوث تلك التي يتمّ فيها تحديد المعايير اللازمة لتصميم وحدات المشروع .

تقود نتائج هذه الدراسات في الغالب إلى اختيارات متعددة من المفترض أن يحقِّق أيّ منها أهداف المشروع المنشودة ، ومن هنا فإن هناك حاجة إلى المفاضلة بين هذه البدائل لاختيار الأمثل. وهنا تلعب المهارة العلميّة والخبرة الحقليّة دوراً رئيساً في التمكين من اختيار البديل الأمثل ، ويتم ذلك عبر مناهج علميّة وركائز عمليّة بيئيّة واجتماعيّة واقتصاديّة وفنيّة.

بعد الانتهاء من تلك البحوث والدراسات المتنوِّعة ، واختيار البديل الأمثل ، يأتي دور علوم الهندسة بفروعها المختلفة ، لتحديد وتصميم عناصر المشروع ، من قنوات (أنابيب)، ومحطات ضخ ، وخطوط طرد ، وخزانات

أرضيّة ، وخزانات علويّة ، ووحدات تنقية ، ووحدات تعقيم ، وشبكات توزيع، وما إلى ذلك .

يأتي بعد ذلك مرحلة إعداد وثائق المشروع من الخرائط الهندسيّة التفصيليّة والقطاعات المختلفة ، وحساب الكميات وإعداد المواصفات الفنيّة والمواصفات العامّة ، وتقدير التكلفة التقريبيّة ، والوقت اللازم لتنفيذ المشروع ، وهو ما يُسمى عُرفاً بملف المناقصة .

بعد ذلك يكون المشروع جاهزاً للتنفيذ، والتنفيذ في وقتنا الحاضر صناعة تحتاج إلى معارف متخصِّصة ، ومهارات وخبرات حقليّة صقلتها التجارب في نفس المجال أو ماشابهه ولضمان استمرار عطاء أي مشروع بالكفاءة المنشودة المخطط لها وجب إعداد برنامج تنفيذ فعّال ومرن ، يشمل الأعمال اليوميّة ، والأسبوعيّة ، والشهريّة ، والتصدي لأي طارىء بما يناسبه في أسرع وقتٍ مُمكن ، وفق منهج علميّ ، وعمليّ .

كما يتطلب أداء وعطاء أي مشروع بكفاءة عالية ، إعداد برنامج تشغيل وصيانة فعّال ، سهل ، مرن ذي تكلفة معقولة ، وتلك لعمري – أيضاً – أمور تحتاج إلى معارف وخبرات عريضة .

ولضمان استمرارية المشروع ، وجب أن يكون هناك مصدر تمويل دائم، حتى لا يتعثر المشروع أو يخفق في تحقيق النتائج والأهداف المنشودة .

في ظل المُعطيات السابقة ، يمكننا أن نحكم بأن مشروعاً عملاقاً ناجحاً بُني قبل أكثر من ألف ومائتي عامّ ، ومضى يسقي الحجّاج ، والمُعتمرين ، والمجاورين ، ماءً عذباً ، زلالاً طوال تلك الفترة ولا يزال قائماً

شامخاً ، بأنه مشروع مدروس وراءه جهود بحثية ، وأخرى تطبيقيّة ومعرفة بالعلوم الهندسيّة ، وتجربة وإحاطة عريضة بمتطلبات تنفيذ ، وتشغيل ، وصيانة المشاريع العملاقة لدى الأولين.

إن هذا ما تعكف هذه الورقة العلميّة عليه لتجلية جوانب الإبداع الهندسي لأحد المشاريع القديمة التي بناها المسلمون في المشاعر المقدّسة في نهاية القرن الثاني الهجري ، (ألا وهو مشروع عين زُبيدة).

هدف البحث :

إبراز الجوانب الإبداعية في مشروع عين زُبيدة ، من خلال مناقشة المفاهيم الهندسيّة للمشروع، دراسة، وبحثاً، وتصميماً، وتنفيذاً، وتشغيلاً، وصيانةً.

منهجيّة البحث :

اتبعت الدراسة استقصاء هذه الجوانب الإبداعيّة من خلال استقراء كامل لكل ما أمكن الحصول عليه من وثائق تاريخيّة ، ومعلومات فنيّة من المظانّ المختلفة ، المكتبات ، هيئة عين زُبيدة بفرع وزارة المياه والكهرباء بمنطقة مكّة المكرّمة ، ومن المشاهدات المتكرِّرة ، والدراسات النظريّة والأعمال الميدانيّة ، والحقليّة في المشروع ، ومن تحليل تلك المعلومات النظرية والميدانية المتوفرة بغية التوصل إلى المفاهيم الهندسيّة التي حظى بها مشروع عين زبيدة.

مُشاهدات شخصيّة :

لقد سعِدتُ بالعمل في مشروع عين زُبيدة أيّما سعادة ، وزاد من سعادتي

أنـي وجـدت بُغـيتي ، وعثـرت علـى ضـالتي في هـذا المـشروع العمـلاق ، فكـم كنت أتساءل هل هنـاك منهجيـة علميـة في دراسـات وتـصميم وتنفيـذ مثـل هـذه المـشاريع العمـلاقـة أم أنهـا المحاولـة والتخريـب والوصـول عـن طريـق الخطـأ والـصواب وإن كانـت الأولى فكيـف تَـأتىَّ للقـدماء دراسـة وبنـاء مثـل هـذه المشاريع العملاقة دون توفر العلوم وامتلاك التقانات والمعدات والآلات الحديثة التي نـستعملها اليـوم !! فلقـد قُـدِّر لـي أن أشـترك في مـشاريع هندسـيّة حديثـة ، دراسة ، وبحثا ً وتصميما ً وتنفيذاً ، وتـشغيلاً ، وصيانةً ، وأعـني مـا تحتـاج إليه هذه المشاريع مـن علـوم ، وخبرات ، وتقانـات ، ومعـدات ، وآليـات ، حتـى تكتمل وتؤدي دورها ، وتحقق هدفها الذي أُنشئت من أجله.

لقد وجدت في عين زبيدة منهجيّة علميّة ، وإن كانت مختلفـة عمـا هـو قـائم الآن ، وذلـك بـدهي لاختـلاف الظـروف والإمكـانـات والتقانـات الـسائدة وقتئـذ . لقـد وجـدتها معتمـدة علـى أسـس هندسـيّة ، ومعـايير علميّـة لا يـزال الكثير منها مطبقاً ومتبعًا إلى الآن ، وإن كنت لا أزال أجهل بعض خفاياهـا ، ولم أضـع يـدي عليهـا بعـد. لـذا : فـإني سـأتحدث عـن الجوانـب الهندسـيّة الـتي عرفتها عن هذا المشروع العملاق ، معترفاً بأني أهملـت جوانـب أخـرى لم أدرك أبعادها بعد ، لكني مازلت أرصد وأدرس وأحلـل عـسى الله أن يُهيـئ الأسـباب ويُبـارك في الوقـت ، لكـشف الحُجُـب عمّـا لا يـزال خافيـاً مـن تلـك الجوانـب الهندسـيّة ، وإظهـار المزيـد مـن براعـة الأولـين رحمهـم الله. أشـير إلى الأعيـان الوقفيـة الـتي أوقفـت علـى العـين لتـشغيلها وصـيانتها ، إلى أن يـرث الله الأرض ومن عليها .

فكرة المشروع وبداياته:

وقبل الشروع في مناقشة الجوانب الهندسيّة لعين زبيدة ، أرى أنّ المقام يتطلب إعطاء فكرة مجملة عنها فيما يلي :

جاءت فكرة بناء عين زُبيدة لدى السيِّدة زُبيدة – رحمها الله – حين شعرت أثناء حجها بمدى العنت الذي يعانيه الحجّاج نتيجة شُح المياه ، فأمرت "بإجراء عين وادي النعمان" إلى عرفة سنة ١٧٤ هـ / ٧٩١ م [1] وتمّ ذلك . ووفقت لذلك أيما توفيق فوصل الماء زلالاً إلى عرفة ، ومزدلفة ، وأصبح قريباً من مِنى ، فيما يُعرف ببئر زُبيدة . وفي العصر العثماني ، عام ٩٧٩ هـ / ١٥٧١م ، قيّض الله كريمة السلطان سليمان خان ، السيِّدة خانم سلطان – رحمهما الله – لإعمار العين ، فوجّهت المهندسين والفنيين والبنائين – وكانوا قرابة الف شخص من مختلف الدول الإسلاميّة لإعمارها ، فتمّ مد القناة من بئر زُبيدة إلى الأبطح ، لتلتقي مياهها بمياه عين حنين ، أمام مبنى إمارة منطقة مكّة المكرّمة ، ثمّ إلى المعلاة ، ثمّ إلى الحرم ، ثمّ تتوزّع في شبكة حجريّة جميلة لتصب في ثلاثة وثلاثين بازاناً ، انتشرت في مختلف أحياء مكّة المكرّمة[2]. وظل هذا المشروع يسقي الحاج والمعتمر والمقيم والمجاور لمدة تربو على ١٢٠٠ عام.

يجمع هذا المشروع المياه المنحدرة من مسايل أودية وادي نعمان –

---

[1]- تاريخ مكّة شرّفها الله تعالى، أبوالوليد الأزرقي، المكتبة التجاريّة، مكّة المكرّمة، ص ٦٢٧ – ٦٢٨.

[2]- المنشآت المائيّة لخدمة مكّة المكرّمة والمشاعر المقدّسة في العصر العثمانيّ، عادل محمّد نور عبدالله غباشي، ص ٤٤٣ - ٤٥١

المتاخم لمكّة المكرّمة من جهتها الجنوبيّة الغربيّة – التي تجد طريقها لتستقر في باطن المكامن الجوفيّة حيث تتسرب إلى داخل قنوات حجريّة أو أنفاق صخريّة أو شبه صخريّة تنساب فيها بهدوء وطمأنينة لتصل إلى عرفات، ومزدلفة، فمكّة المكرّمة، رقراقة، عذبة كالزلال ، تسقي العطاش ، عبر أحواض وبازانات وبرك ، وما فاض عن حاجتهم وجهوه إلى مزارعهم، فاستفادوا منه فيما يُنبت طعامهم وطعام دوابهم . تتراوح كميات هذه المياه بين عشرين وثلاثين ألف متر مكعب يوميّاً.

تنحدر قناة عين زُبيدة باتجاه مكّة المكرّمة حتى تصل إلى عرفة، "ومن هنا سُميّت عين عرفة" لتلتفّ حول جبل الرحمة من جهاته الشماليّة ، والجنوبيّة ، والغربيّة ، وقد مُدّت منها قنوات فرعيّة ، لتصب مياهها في خزانات ، ثم إلى أحواض وبرك، خُصِّص بعضها ليتزوّد الحجّاج منه بالماء لإكمال رحلة الحجّ، والبعض الآخر للدواب.

كما بُني في هذه القنوات الملتفة بجبل الرحمة حنفيات حجريّة جميلة، ومجارٍ لتجميع مياه الوضوء وصرفها إلى المزارع المجاورة التي كانت موجودة في السابق ، (وهذا أول استخدام لمياه الوضوء والغسل في سقى المزارع حسب علمي) ، صورة (١). ثم تظهر القناة عند سفح جبل "المأزمين" على يسار القادم من عرفات، لتتسلّق الجبال وتظهر شاخصة للعيان، وقد دُعِمت بحوائط ساندة، وفُتحت بها عبّارات لتصريف مياه السيول والأمطار. (كل تلك نقاط فنيّة هندسيّة رائعة تدل على رقيّ علميّ في التصميم والتنفيذ).

تصل قناة عين زبيدة إلى مشعر مزدلفة حيث يوجد مقر لعين زبيدة مجاور للمشعر الحرام، لتصب العين في برك وأحواض، خُصِّص بعضها لسقيا

الحجّاج، وبعضها الآخر للدواب، كما هو الحال في عرفات.

ثم تنحدر القناة فوق سطح الأرض، متجهة إلى منطقة العزيزيّة المتاخمة لمنى ، فوق سلسلة من الجبال لتزويد مشعر منى بالماء، وتصب أيضاً في برك عديدة، تسقي الظامئ وتزوّد المتزوِّد بالماء الزلال. وتستمر هذه القنوات متجهة نحو مكّة المكرّمة، لكنها تعود لتأخذ مسارها مدفونة على أعماق قريبة من سطح الأرض ، حتى تصب في بئر عظيمة مطويّة بأحجار كبيرة جدا تسمي "بئر زبيدة"، في منطقة تسمى اليوم بمحبس الجن ، إليها ينتهي امتداد عمل قناة عين زبيدة .

ويسير المجرى بعد التقائه بقناة عين حنين متوغلاً داخل بعض أحياء مكّة المكرّمة، لتصب العين في (٣٣) بازانًا* (خزان) ، بعض هذه البازانات لا يزال بناؤه قائماً حتى الآن ، والبعض الآخر أُزيل ، ومن أشهر هذه البازانات بازان النقا، بازان شِعب عامر ، بازان شِعب علي ، بازان القبة ، بازان التمّارة، ... الخ . كما تصب العين في (١٧) بركة ، أزيلت جميعها ولم يبق لها أثر .

منشآت عين زُبيدة :

تتكوّن منشآت عين زُبيدة من عدة عناصر رئيسة: (القنوات – الخرزات – البازانات – والبرك) ، في كل منشأة منها لمحة هندسيّة أو لمسة جماليّة ، أو مغزى اقتصادي . وسابدأ بوصف موجز للتعريف بمنشآت العين الرئيسة وأوضاعها مما شاهدته ودرسته ، ثمّ أتطرّق إلى أهم الجوانب

* - يقال إنه اسم للمهندس التركي الذي بنى ذلك ، ويقال إن بازان معناه خزان بالعربية ، ووجدت كلمة Le Bazzan بالفرنسيّة وتعطي نفس المعنى

الإبداعيّة التي يتسم بها هذا العمل الرائع :

تتكوّن قنوات العين من جزأين رئيسين ، الجزء المُجمّع للمياه : وهو مبنى تحت سطح الأرض ، أسفل من منسوب المياه الجوفيّة ، ويبدأ من نقطة الأميّة وهي نقطة تُجمِّع مياه جميع روافد وادي نعمان العلويّة المعروفة بعذوبتها ، خلال فتحات تسمح للمياه الجوفيّة بالانسياب إلى داخل القنوات ، ونقلها بالانحدار الطبيعيّ إلى أماكن الاستعمال .

أما الجزء الثاني من القنوات فهو الجزء الناقل : ومهمته نقل المياه فقط، وقد يكون فوق سطح الأرض مباشرة، أو مُعلقاً فوق جسور عند اختراق القناة لبطون الأودية، أو تحت سطح الأرض مبني من الأسفل بالحجارة ومملط (مُجصّص) بالنورة في قواعده وجوانبه لمنع تسرب المياه منه ، ومسقوف بالحجارة العريضة الثقيلة التي يصعب نقلها أو إزالتها لتقليل التبخر والحفاظ على مياه العين من التلوث.

وكما تنوعت القنوات بين مدفونة وظاهرة ومعلقة، تنوعت أيضاً من جهة أخرى إلى رئيسة وفرعيّة. تُبنى الرئيسة (كما يدل اسمها) ، في بطن الوادي الرئيس كما هو الحال في بطن وادي نعمان ، أما الفرعيّة منها فتُبنى في الشعاب والروافد، وهذه القنوات الفرعيّة تُسمى بالأيدي ، وكأني بها قد شُبهت كل واحدة منها بيد الإنسان المتصلة بجسده ، فهي فروع متصلة بالأصل ، وتُسمى أيضاً بالشحاحيذ (مفردها شحاذ) ، وكأني بهذا الاسم يعكس طلب القناة الرئيسة العون عن طريق الشحذة ، مادة أيديها طالبة الماء من مظانه ، وقد تمد قناة فرعيّة ثانوية من شعيب صغير نسبيّاً ، يصب في شعيب كبير، تصب جميعها في القناة الرئيسة . وفي ذلك محاولة جيدة لتجميع

مياه الشعاب (فروع الأودية) لتصب في تلك القنوات الفرعيّة (الأيدى أو الشحاحيذ) ، ومن ثمّ في القناة الرئيسة ، وتلك لمحات هندسيّة رائعة في تجميع المياه الجوفيّة في منطقة محدددة ، ونقلها إلى مناطق الاستعمال .

وتخترق القنوات خرزات ، بعضها ظاهر على سطح الأرض، ويُسمى بالخرزات الظاهرة، وبعضها غير ظاهر وتُسمى بالخرزات المدفونة. والغرض منها جميعا التشغيل والصيانة كالنزول إلى القنوات وتنظيفها ، وإخراج المترسبات الرمليّة أو اصلاحها وترميمها إذا حدث بها هدم ، أو ردم من مداهمة سيل أو ما شاكل ذلك . كما بنيت بكل خرزة سلالم حجرية داخلية وخارجية لتسهيل عملية النزول والصعود (الطلوع) من وإلى القنوات .

الجوانب الإبداعيّة لعين زُبيدة :

١. دقة التصميم في القنوات : حُدِّدت الأعماق التي بُنيت عليها القنوات بدقّة متناهيّة وحساب هندسيّ رفيع ، بحيث تكون فتحات القنوات في بعض أماكن الاستعمال - كما في منطقة عرفات – قريباً من سطح الأرض، بحيث يسهُل للحاجّ أن يشرب ويتوضأ دونما عناءٍ يُذكر. أما في مكّة المكرّمة فقد وجهوا هذه القنوات لتصب في خزانات حجريّة سُميت بالبازانات ، انتشرت وتركزت في الأحياء المحيطة بالحرم الشريف ، وبلغ عددها (٣٣) بازاناً ، لعل من أشهرها وأكبرها – حسب معرفتي – بازان القبة الذي يخدم أهالي حي المسفلة ، والحجّاج والمعتمرين هناك وقد قُدِرت سعته بـ (١٠,٠٠٠ م٣) تقريباً .[١]

١- التقرير النهائي لمشروع إعادة إعمار عين زبيدة ، المرحلة الأولى (ستة أشهر) الجزء الأوّل ، جامعة الملك عبدالعزيز، ١٤١٩هـ .

٢. تسخير الانحدار الطبيعي لتجميع ونقل المياه : إن المشاهد المتتبع لسير قنوات العين يجدها في بعض المواضع عميقة في باطن الأرض ، وفي أخرى قريبة من سطح الأرض ، وثالثة فوق سطح الأرض مباشرة ، وفي غيرها معتلية ظهور الجبال أومعلقة فوق قناطر ، كل ذلك لتجميع ولنقل الماء ذاتياً بالانحدار الطبيعيّ ، مفيدين من خاصة الجاذبيّة من نقطة البداية وحتى النهاية ، وفقاً وتبعاً للسمات الطبوغرافيّة للمنطقة . وفي هذا بعد اقتصادي ينعكس في توفير المال والجهد .

٣. الحساب الدقيق لدرجات انحدار قنوات المياه : مُدَّت هذه القنوات بدرجات انحدار متقنة محسوبة ، بحيث ينساب الماء فيها بدرجة سرعة لا ينتج عنها ركود ، أو ترسيب للمواد من جهة ، ومن جهة أخرى لاتتسبب في اندفاع الماء بسرعة كبيرة تنحر القنوات وتؤدي إلى تآكلها أو إحداث دوّامات مائيّة فيها.

٤. حماية القنوات من السيول : لوحظ أيضاً عند بناء القنوات على سفوح الجبال وجود فتحات عبر القنوات (تُسمى في علم الهيدروليكا الآن بالعبّارات) تسمح بتصريف مياه السيول المنحدرة من أعالي الجبال، دون أن تلحق أذى بتلك القنوات. وقد لوحظ اختلاف مساحة هذه العبّارات، كما وجد أنّ هناك تناسباً بينها وبين مساحة الحوض الذي تُصرف فيه مياه السيول من خلال تلك العبّارة.

٥. الحوائط الساندة : إضافة إلى العبّارات ، وحتى لا تتعرّض القنوات المبنيّة على سفوح الجبال للجرف من قِبل السيول المنحدرة من أعالي الجبال، وزيادة في الحيطة، فقد بُنيت حوائط ساندة لتقوية تلك القنوات وحمايتها، وتختلف أحجام تلك الحوائط الساندة في الطول ، والعرض ،

والارتفاع بما يتناسب مع طول الجزء المحميّ من القنوات . صورة (٢).

٦. بناء الخرزات على أشكال تحميها من أخطار السيول : تُعرف الخرزات في علم الهندسة الصحيّة بغرف التفتيش التي تبنى بغرض التشغيل والصيانة من تنظيف القنوات وإزالة مايترسب من أتربة ، أو إصلاح مايتهدم من القنوات نتيجة مداهمة سيل مثلاُ . ونظراً لارتفاع كلفة بناء الخرزات فقد راعى الأوائل الناحية الاقتصادية فبنوا نوعين من الخرزات بعضها ظاهر فوق سطح الأرض وممتد إلى القناة ، والآخر مدفون يفتح فقط عند الحاجة أو دوريا عن عدم الحاجة كان يكون كل عشر سنوات مثلا ، أما الظاهرة فيتم استخدامها بشكل دوري .

وقد لُوحظ بناء الخرزات عند تغير اتجاه مسار القناة ، أو عند التقاء قناة بقناة أخرى ، أو عندما تزيد المسافة عن ٢٠٠ متر تقريبا .كما لوحظ أيضاً عند تتبع مسار القنوات تجنب بناء الخرزات في مصبات السيول إلاّ في بعض الحالات القليلة والتي يصعب تجنبها . وعندها تأخذ الخرزات أشكالاً هندسيّة انسيابية تقلّل من تأثير السيول على ثباتها . صورة (٣) .

٧. الشكل الكرويّ لأسقف البازانات الكبيرة : بنيت أسقف البازانات الكبيرة على شكل كروي أو شبه كروي حتى تتحمل الأوزان الكبيرة التي تعلوها . وقد شوهد ذلك في سقف بازان القبة (كما يدل اسمه) ، وفي ذلك ملمح هندسي مهم حيث تتلاشى القوى المؤثرة عليه ، كما هو معلوم لدى علماء الإنشاءات.

٨. مهارة تسخير سفوح الجبال في نقل المياه: عندما وصلت قنوات المياه إلى الحرم المكيّ الشريف ، وهو بطن وادٍ ، فإنه يصعب بداهة توصيل الماء

منه إلى المناطق المرتفعة في مكّة المكرّمة –كمنطقة جرول مثلاً – ، وكنت دائماً أتساءل عن ذلك كيف وصل ماء العين إلى جرول رغم أن منسوب سطح أرضها أعلى من سطح أرض وادي إبراهيم الذي يقع فيه الحرم المكي الشريف ، حتى وجدت ضالتي حين شاهدت بعض القنوات وقد مُدت على سفوح وأعالي الجبال متعدية الحرم الشريف ، إلى المناطق البعيدة عن الحرم ، ثمّ يعود بعضها ليصب في الحرم الشريف والمناطق الأخرى المنخفضة ، وتلك لمحة هندسيّة بديعة ، أمكن معها إيصال المياه إلى المناطق المرتفعة ، دون حاجة إلى جهد أو أدوات لرفع المياه .

٩. استخدام المواد المحليّة في البناء : تمّ في هذا المشروع استخدام المواد المحليّة من حجارة ، ونورة المتوفرة بالمناطق المجاورة في بناء القنوات والخرزات والبازانات والبرك. فلم يتم جلب أي مادة لها ، فحتى الحنفيات (البزابيز) كانت حجريّة مصنوعة من نفس حجارة المنطقة. كما أنّ أغطية القنوات الظاهرة على سطح الأرض، أو المُعلقة على سفوح الجبال، قد غُطيت بأحجار كبيرة الحجم يساوي طولها عرض القناة ، وأطوالها تتراوح بين ٢٠ – ٥٠ سم وهي أيضاً من الجبال المجاورة .

١٠. تجميع مياه السيول في مِنى واستعمالها سنداً لمياه عين زُبيدة : بُنيت في منى قرابة (١٢٦) صهريجاً (خزاناً حجريّاً) في بطون الأودية ، ومسايل السيول ، تُخزن فيها المياه أيام مواسم الأمطار، لتستعمل في أيام مِنى . وقد زُوِدت تلك الصهاريج بشبكات (مناخل) لمنع الأتربة من الدخول في الصهاريج ما أمكن . ويتم تنظيف هذه الصهاريج بشكل دوريّ لإعدادها لاستقبال مياه السيول بعد أيام منى. وتلك نقطة هندسيّة ، وبُعد إبداعيّ في حُسن استخدام مياه السيول وتخزينها ثمّ استعمالها عند الحاجة. وعند

شحّ الأمطار أو عدم كفاية المخزون ، يتم الاستعانة بمياه عين زُبيدة لتزويد الحجيج من بركة زُبيدة الواقعة في محبس الجنّ المُتاخم لمِنى ، في حوض البقر ، المُسمى الآن بالعزيزيّة .

١١. تجميع المياه العذبة فقط ومنع اختلاطها بالمياه الملحة : عرف الأوائل حدود وادي نعمان وحدود وادي عرنة ، وعرفوا أن مياه وادي نعمان عذبة ، ومياه وادي عرفة أجاج . فبنوا قنوات عين زبيدة – التي تقع في وادي نعمان حيث الماء العذب – غير صماء (بمحيطها ثقوب وفتحات) ، أي ذات فتحات تسمح بدخول المياه الجوفيّة العذبة ، وعندما اقتربوا من وادي عرنة بنوا القنوات صماء (لا ثقوب في محيطها) حتى لا يختلط الماء الزلال بالماء الأجاج .

١٢. التخزين الاستراتيجي للمياه : ولقد بينت في دراسة لي[١] أنّ متوسط استخدام الفرد من المياه في تلك الأيام كان يسيراً لا يتجاوز عشرين ليتراً في اليوم؛ أي أنّ بازاناً كبازان القبة والذي قدرت سعته بعشرة الآف متر مكعب يكفي لعشرين ألف شخص لمدة (٢٥) يوماً في المتوسط . مع احتساب متوسط إقامة فترة الحاج في تلك الأيام بما يقارب عشرين يوما في مكة المكرمة وخمسة في المشاعر المقدسة وقرابة عشرين يوماً ذهاباً وإياباً وإقامة في المدينة المنورة . ومنطقة الخزان هذا هي منطقة المسفلة المقابلة للحرم وهي أكثر أحياء مكة المكرمة زحاماً في الحج ، لذا فلا أستبعد أن ينزل بها خمس أو ربع الحجيج الذي تراوح عدده في تلك الأيام

١- مفهوم الترشيد : أسباب فشله وعوامل نجاحه ، أ.د. عمر سراج أبو رزيزة – مجلة جامعة الملك عبدالعزيز(العلوم الهندسية) ، المجلد (١٤) العدد (١) - ١٤٢٢- ١٤٢٤هـ

بين خمسين ومائة ألف حاج ، وعلى ذلك فإن احتياج ٢٥٠٠٠ حاجاً تقريباً لمدة عشرين يوماً وبمعدل ٢٠ ليتراً في اليوم كان حسابا دقيقا يمكن أن يعتبر توفيره تخزينا استراتيجيا للماء ، ومن هنا يتم ملء البازانات الثلاثة والثلاثين في مكة المكرمة في آخر شهر شوّال وأوائل شهر القعدة ، ويتم استخدام تدفق العين طالما أنّ ذلك كافٍ ، وإبقاء المخزون كاحتياطي دائم في الحج . كما يتم أيضاً تخزين مياه العين في بازانات مكّة المكرّمة أثناء إقامة الحجيج بمِنى يوم العيد وأيام التشريق، لتوفير حاجة الحجاج من المياه بعد عودتهم من مِنى ، سدّاً لأيّ عجزٍ في تدفق العين ، واستعداداً لأيّ طارئ . ولم أستطع الحصول - للأسف – على معلومات عن سِعات هذه البازانات – عدا بازان القبة – ، ولكن في كبر عددها وعظم حجم بازان القبة دلالة على أنّ المخزون كان يتناسب مع أعداد الحجيج والأهالي في تلك الأيام . أما في عرفة ومزدلفة حيث لا تدعو الحاجة إلى هذه البازانات الضخمة التي تعمل كخزانات استراتيجية فقد بنوا خزانات صغيرة (كأنها خزانات تشغيل) تتناسب مع كميات المياه المطلوبة ليوم أو يومين في عرفة ، وليلة واحدة في مزدلفة .

١٣. حماية المياه من التلوث: والنقطة اللافتة للنظر تتمثل في حماية هذه المياه من أي تلوث آدميّ أو حيوانيّ ، وحمايتها من أي نازلة ، حيث لم تحدثنا كتب التاريخ عن حدوث تلوث مائي في مكّة المكرّمة قبل العصر الحاضر وبعد استخدام البيارات حديثاً واختلاط مياه الآبار بالمخلفات السائلة المتسرِّبة من البيارات . صحيح ذُكر في كتب التاريخ أن المياه قد شحّت عدة مرات في مكّة المكرّمة نتيجة تأخر الأمطار أو قلتها ، ولكن لم تتحدّث هذه الكتب على تلوثٍ للمياه مطلقاً .

١٤. استعمال مياه الوضوء والغسل في سقي المزارع : تُجمّع المياه الناتجة عن الوضوء في قنوات حجريّة ، تصب مياهها في المزارع المجاورة لجبل الرحمة في عرفة ، وهذه هي فكرة إعادة استعمال المياه فيما يتناسب مع مواصفاتها مطبقة في هذا المشروع منذ زمن قديم . ويُسطّر ذلك لمشروع عين زُبيدة . وتُستخدم حالياً مياه الوضوء في طرد الفضلات من خلال غرف الطرد في مشاريع كثيرة، ويمكن أن يُعزى فضل السبق في ذلك لمشروع عين زبيدة.[١ ٢]

١٥. عدم إهمال الصبغة الجماليّة لمنشآت العين :إن مراعاة الجودة والكفاءة في منشآت العين لم تصرف العلماء الأوائل عن مراعاة الصبغة الجماليّة أيضا في كل منشآت المشروع ، فالقنوات المُعلقة في المأزمين ، والأقواس القائمة على الأعمدة الحجريّة الجميلة المُغطاة بالفسيفساء الرائعة ، تُعطي منظراً خلاباً ، ممتعاً ، جعل علماء البيئة والعمارة في كلية تصاميم البيئة بجامعة الملك عبدالعزيز يرشحونه كمكان صالح لإعداد منتزه وطنيّ يستمتع بجمال مناظره رواده ومشاهدوه . صور (٤ — ٥) . كما يوجد خزان مائيّ في مزدلفة فوق الأرض ثمانيّ الشكل ، جميل ، عفا عليه الدهر ولكنه لا يزال ناطقا بكثير من اللمسات الجماليّة، صورة (٦). وفي الطوق المُحيط بجبل الرحمة والمتكوّن من الحنفيات الحجريّة الجميلة (مجرى الحنفيّة البزبوز والحنفيّة ذاتها مصنوعة من

١- إعادة استخدام المياه : أسلوب فعال لنقص المياه وترشيدها بالمملكة العربية السعودية —تجربة شركة مكة للإنشاء والتعمير- الطبعة الثانية عام ١٤١٨هـ - ١٩٩٧م .

٢- استعمال مياه الوضوء لدفع الفضلات في المساجد والمدارس والمكاتب بالمملكة العربية السعودية ، أ.د. عمر سراج أبو رزيزة — مجلّة جامعة الملك عبدالعزيز (العلوم الهندسيّة) ، المجلد (١٤) العدد (٢) ١٤٢٢ — ١٤٢٤ هـ/٢٠٠٢- ٢٠٠٣م .

الحجارة) . لمسات جماليّة ملفتة للنظر كما أن مداخل البازانات بعقودها وأقواسها ولوحاتها الجميلة ، وأبوابها الضخمة . مايستلفت الذهن ويسر النظر . صور (٧ – ٨) .

١٦. التمويل الذاتي لتشغيل وصيانة العين : أوقفت السيدة زبيدة وولاة أمور المسلمين بعدها والمحبون لفعل الخير أوقافاً كثيرة تدر دخلاً يكفي في الغالب لتشغيل وصيانة العين ، ومن الأشياء التي يحسن ذكرها أن معظم من كان يعمل في عين زبيدة – عدا العمال البسطاء الفقراء – كانوا يحتسبون الأجر والثواب ولا يتقاضون على ذلك راتباً أو مكافأة . وقد أحصى الباحث كاتب هذه السطور ٨٦ وقفاً[١] استثمر بعضها فعلا ولكن بعضها الاخر متهدم ينتظر المخلصين لإعماره أو التصرف فيه بوجه من وجوه الاستثمار كجزء من إعادة إعمار العين على وجه العموم .

١- الأعيان والممتلكات الموقوفة على عين زبيدة (مخطوط) – إعداد مركز أبحاث المياه بجامعة الملك عبدالعزيز، ١٤٢٦هـ

خلاصـــة :

يحتاج بناء ، وتنفيذ ، وتشغيل ، وصيانة ، نظام مائيّ متكامل ، إلى إلمام واسع ، وعلوم متنوِّعة ، ودراسة عميقة ، وخبرةخبير بارع متقن ، لإخراجه إلى حيز الواقع ، وإنجاحه ، وضمان استمرار عطائه بكفاءة كبيرة، ولأزمان طويلة متتالية .

هذا في وقتنا الحالي الذي تقدمت فيه العلوم بشكل مذهل، وتطورت فيه التقانات بشكل منقطع النظير. وتوفر فيه الكم الهائل من المعلومات وأصبح الحصول عليه ميسوراً الآن في لحظات .

وقبل البدء في مشروع مائيّ يعتمد على المياه الجوفيّة المرتبطة بالمياه السطحيّة ، يجب القيام بدراسات مستفيضة عن الوادي أو الأودية التي سيعتمد عليها المشروع ، وهنا تنشأ الحاجة إلى دراسات عن جيومورفيلوجيّة الوادي ، وهيدرولوجيّتة (سماته الطبوغرافيّة) ، ومن ثمّ تقدير كميات المياه السطحيّة ، وتوزيعها، وكثافتها ، زماناً ، ومكاناً ، ونسبة الاستعاضة من هذه المياه السطحية وتسربها داخل الأرض لتغذية المياه الجوفيّة ، وكذلك دراسة أحوال المياه الجوفيّة كمياتها ، وسعات مكامنها وأعماقها ، وبُعدها عن سطح الأرض ، ومعرفة نوعياتها ، وما إلى ذلك ، بحيث يمكن الوصول إلى تقدير كميات المياه التي يستفاد منها بصفة دائمة ، وهو ما يُسمى بالإدارة المستدامة ، ومعرفة ما إذا كانت هناك حاجة لتنقية المياه أم لا ، ثم يأتي الدور الهندسيّ لتحديد أماكن منشآت المشروع ، من قنوات وخزانات أرضيّة،

وخزانات علويّة ، وأماكن محطات الضخ ، وما إذا كان يمكن الاعتماد على الانحدار الطبيعيّ ، أو أن هناك حاجة إلى ضخ الماء ، وما شابه ذلك من أعمال .

ويحتاج إتمام هذه المهام التي ذكرت من دراسات وتصميمات ، وتنفيذ، وتشغيل ، وصيانة ، النظم المائيّة المتكاملة ، بطريقة ناجحة ، إلى إلمام واسع بعلوم المياه المختلفة ، وخبرات عريضة بعلوم التشييد ، والتشغيل، والصيانة . ومن اللافت للنظر المؤدي للإعجاب أن نجد كل ذلك مراعى في مشروع عين زبيدة فهو مشروع آمن في مياهه واستمرار بقائه وعطائه دونما حاجة إلى بذل مال أو جهد اللهم إلا في مجال الصيانة والتشغيل ، كل هذا مع عدم إغفال البعد الجمالي فالقنوات المعلقة في المأزمين ، والأقواس القائمة على أعمدة حجرية مغطاة بالفسيفساء ، والأبواب وعقدوها تضفي على منشآت العين صبغة فنية رائعة . والعجيب أن منشئيه قد راعوا أيضا استمرارية عطائه فأوقفوا عليه أعيانا عديدة وتبعهم على هذا الكثير من أهل البر والخير لتدر هذه الأوقاف دخلا مستمرا دائما كافيا لصيانة المشروع وتشغيله .

قائمة المراجـــع

١. تـاريخ مكّة شـرّفها الله تعالى ، أبوالوليد الأزرقي ، المكتبـة التجاريّة ، مكّـة المكرّمـة ، ص ٦٢٧ – ٦٢٨.

٢. المنشآت المائيّة لخدمة مكّـة المكرّمة والمشاعر المقدّسة في العصر العثمانيّ، عادل محمّد نور عبدالله غباشي ، ص ٤٤٣ – ٤٥١.

٣. التقرير النهائي لمشروع إعادة إعمار عين زبيدة ، المرحلة الأولى (ستة أشهر) الجزء الأوّل ، ١٤١٩هـ ، جامعة الملك عبدالعزيز.

٤. مفهوم الترشيد: أسباب فشله وعوامل نجاحه ، أ.د. عمر سراج أبو رزيزة – مجلّة جامعة الملك عبدالعزيز (العلوم الهندسيّة) ، المجلد (١٤) العدد (١) ١٤٢٢ – ١٤٢٤هـ/٢٠٠٢- ٢٠٠٣م .

٥. إعادة استخدام المياه : أسلوب فعال لنقص المياه وترشيدها بالمملكة العربية السعودية – تجربة شركة مكة للإنشاء والتعمير – الطبعة الثانية عام ١٤١٨هـ – ١٩٩٧م .

٦. استعمال مياه الوضوء لدفع الفضلات في المساجد والمدارس والمكاتب بالمملكة العربية السعودية ، أ.د. عمر سراج أبو رزيزة – مجلّة جامعة الملك عبدالعزيز (العلوم الهندسيّة) ، المجلد (١٤) العدد (٢) ١٤٢٢ – ١٤٢٤ هـ/٢٠٠٢- ٢٠٠٣م .

٧. الأعيان والممتلكات الموقوفة على عين زبيدة (مخطوط) – إعداد مركز أبحاث المياه بجامعة الملك عبدالعزيز، ١٤٢٦هـ .

شروحات وأرقام الصور الفوتوغرافيّة



صورة (١) الحنفيّات الحجريّة حول جبل الرحمة.

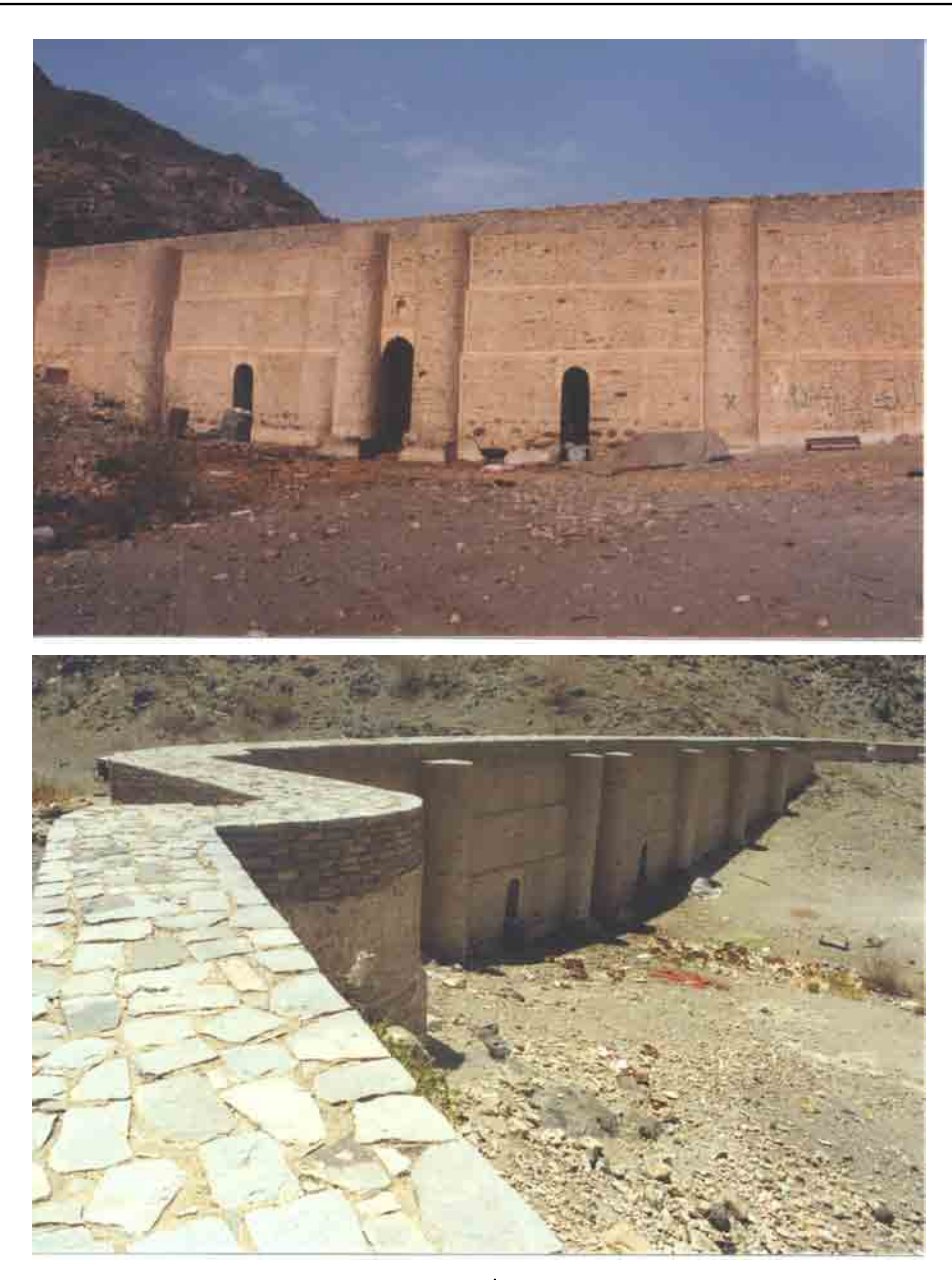


صورة (٢) عبّارة تصريف مياه السيول.





صورة (٣) بعض أشكال خرزات "غرف تفتيش" عين زُبيدة.



صور (٤ – ٥) عين زُبيدة بمنطقة "المأزمين".



صورة (٦) خزان "الحقابة" بمزدلفة.





صور (٧ - ٨) الحوائط الساندة بقنوات عين زُبيدة.





صور (٧ -٨) بعض أقواس ولوحات عين زُبيدة.